

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-3037

(43)公開日 平成10年(1998) 1月6日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	15/16		G 0 2 B	15/16
	3/00			3/00
	13/18			13/18
	15/20			15/20

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平8-153928

(22)出願日 平成8年(1996) 6月14日

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 橋村 淳司

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

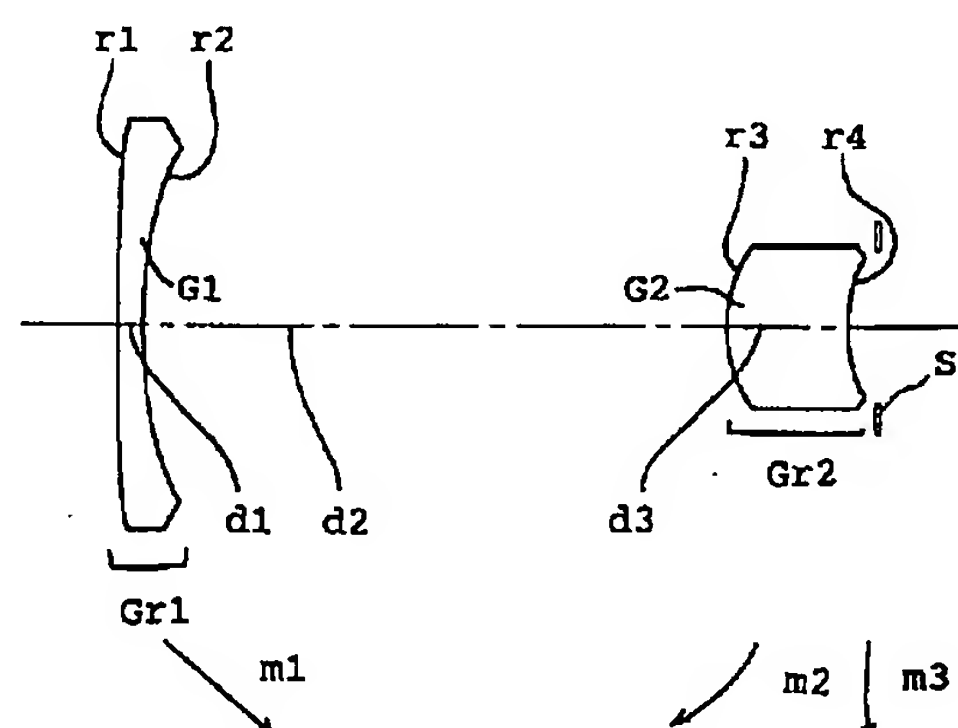
国際ビル ミノルタ株式会社内

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 広角域を含む高性能なズームレンズを少ない構成枚数で提供する。

【解決手段】 物体側から順に、負の屈折力を有する第1群Gr1と、正の屈折力を有する第2群Gr2と、絞りSとから構成されている。第1群Gr1は、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGR I Nレンズである第1レンズG11枚から構成されている。また、第2群Gr2は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGR I Nレンズである第2レンズG21枚から構成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、負の屈折力を有する最も物体側に配置された第1群と、正の屈折力を有する前記第1群に続く第2群とを含む複数のレンズ群からなり、少なくとも前記第1群と前記第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、いずれかの群に以下の式で表される屈折率分布型レンズを含むとともに、前記屈折率分布型レンズは少なくとも1つの面が非球面であることを特徴とするズームレンズ；

$$N(r) = N_0 + N_1 \cdot r^2 + N_2 \cdot r^4 + N_3 \cdot r^6 + N_4 \cdot r^8 \dots$$

ただし、

r ：光軸に対して垂直な方向の高さ、

N_0 ：光軸上の屈折率、

N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)： $2i$ 次の屈折率分布係数、である。

【請求項2】 前記第1群及び前記第2群をそれぞれ1枚のレンズで構成したことを特徴とする、請求項1記載のズームレンズ。

【請求項3】 全系に含まれる屈折率分布型レンズのうち、少なくとも1つは以下の条件を満たすことを特徴とする請求項1記載のズームレンズ；

$$-5.0 < \text{sgn}(\phi_G) \cdot N_1 / \phi_G^2 < 10.0$$

ただし、

$\text{sgn}(\phi_G)$ ：屈折率分布型レンズを含むレンズ群の屈折力が負のとき+1、屈折率分布型レンズを含むレンズ群の屈折力が正のとき-1、の値となるパラメータ、

N_1 ：屈折率分布型レンズの2次の屈折率分布係数、

ϕ_G ：屈折率分布型レンズの屈折力、である。

【請求項4】 物体側から順に、負の屈折力を有する最も物体側に配置された第1群と、正の屈折力を有する前記第1群に続く第2群とを含む複数のレンズ群からなり、少なくとも前記第1群と前記第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、前記第2群は、以下の式で表されるような屈折率分布型レンズを有すると共に、第2群に含まれる1つの面に非球面を用いることを特徴とするズームレンズ；

$$N(r) = N_0 + N_1 \cdot r^2 + N_2 \cdot r^4 + N_3 \cdot r^6 + N_4 \cdot r^8 \dots$$

ただし、

r ：光軸に対して垂直な方向の高さ、

N_0 ：光軸上の屈折率、

N_i ($i=1, 2, 3, \dots$)： $2i$ 次の屈折率分布係数、である。

【請求項5】 前記第2群に屈折率分布型レンズを備えたとともに、前記屈折率分布型レンズの少なくとも1つは以下の条件を満たすことを特徴とする請求項4記載のズームレンズ；

$$-10.0 < N_{1d2} / \phi_2^2 < 5.0 \quad (4)$$

ただし、

N_{1d2} ：第2群中の屈折率分布型レンズのd線に対する2次の屈折率分布係数、

ϕ_2 ：第2群の屈折力、である。

【請求項6】 前記第2群の屈折率分布型レンズは、その少なくとも1つの面が非球面であることを特徴とする、請求項4記載のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、ズームレンズに関し、特に写真用カメラやビデオカメラ等に好適な広角域までカバーするズームレンズに関する。

【0002】

10 【従来の技術】従来より、写真用カメラやビデオカメラに使用されるズームレンズにおいては、コストダウンやコンパクト化のために全系の構成枚数を削減しながら大口径比化及び高倍率化することが要求されている。このような、要求に対して、ズームレンズに屈折率分布型レンズ(GRINレンズ)を用いることにより、収差補正を行いつつ全系のレンズ構成枚数を削減する技術が提案されている。

20 【0003】例えば、特開平2-79013号公報には、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群とからなるズームレンズにおいて、第2群にGRINレンズを用いて、第1群及び第2群をそれぞれ2枚のレンズで構成した例が開示されている。

【0004】また、特開平2-56515号公報には、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群とからなるズームレンズにおいて、第1群及び第2群にGRINレンズを用いて、各群1枚のレンズで構成した例が開示されている。

30 【0005】また、特開平2-124509号公報には、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群とからなるズームレンズにおいて、第1群及び第2群にGRINレンズを用いて、各群1枚のレンズで構成した例が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平2-79013号公報に記載のズームレンズでは、GRINレンズが球面であるために、収差補正の自由度が不足し、群の構成枚数を1枚にできないので、レンズ構成枚数をこれ以上削減することができないという問題があった。

40 【0007】また、特開平2-56515号公報及び特開平2-124509号公報に記載のズームレンズでは、これらもGRINレンズが球面または平板レンズであるために、レンズ全長が長いという問題と、広角域で使うことができないという問題を有していた。

【0008】本発明の目的は、広角域を含みながら、高性能なズームレンズを少ない構成枚数で提供することにある。

【0009】

50 【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項第1項記載のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する

第2群とを含む複数のレンズ群からなり、少なくとも前記第1群と前記第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、いずれかの群に以下の式で表される屈折率分布型レンズを含むとともに、前記屈折率分布型レンズは少なくとも1つの面が非球面であることを特徴とする。

【0010】

$$N(r) = N_0 + N_1 \cdot r^2 + N_2 \cdot r^4 + N_3 \cdot r^6 + N_4 \cdot r^8 \cdots$$

ただし、

r : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

N_0 : 光軸上の屈折率、

N_i ($i=1,2,3,\cdots$): $2i$ 次の屈折率分布係数、である。

【0011】また、請求項4記載のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群と、正の屈折力を有する第2群とを含む複数のレンズ群からなり、少なくとも前記第1群と前記第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、前記第2群は、以下の式で表されるような屈折率分布型レンズを有すると共に、第2群に含まれる1つの面に非球面を用いることを特徴とする。

【0012】

$$N(r) = N_0 + N_1 \cdot r^2 + N_2 \cdot r^4 + N_3 \cdot r^6 + N_4 \cdot r^8 \cdots$$

ただし、

r : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

N_0 : 光軸上の屈折率、

N_i ($i=1,2,3,\cdots$): $2i$ 次の屈折率分布係数、である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したズームレンズを図面を参照しつつ説明する。図1乃至図4は、第1乃至4の実施形態のズームレンズのレンズ構成図に対応し、広角端(W)でのレンズ配置を示している。なお、各実施形態のズームレンズは、いずれも写真用カメラに使用されるズームレンズである。

【0014】図1乃至図3において、第1乃至第3実施形態のズームレンズは、いずれも、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群Gr1と、正の屈折力を有する第2群Gr2と、絞りSとから構成されている。また、図4において、第4実施形態のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群Gr1と、正の屈折力を有する第2群Gr2と、正の屈折力を有する第3群Gr3と、絞りSとから構成されている。

【0015】図1の第1実施形態において、第1群Gr1は、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGRINレンズである第1レン*

$$N(r) = N_0 + N_1 \cdot r^2 + N_2 \cdot r^4 + N_3 \cdot r^6 + N_4 \cdot r^8 \cdots \quad (1)$$

ただし、

r : 光軸に対して垂直な方向の高さ、

N_0 : 光軸上の屈折率、

N_i ($i=1,2,3,\cdots$): $2i$ 次の屈折率分布係数、である。(1)

式は、各実施形態のズームレンズに配置されたGRIN 50

*ズG11枚から構成されている。また、第2群Gr2は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGRINレンズである第2レンズG21枚から構成されている。図1において、 $m1$ 乃至 $m3$ は、広角端から望遠端のズームングの際の、各レンズ群及び絞りの移動を模式的に表している。

【0016】図2の第2実施形態において、第1群Gr1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第1レンズG1と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で像側面が非球面である第2レンズG2から構成されている。第1レンズG1及び第2レンズG2は、いずれも、均質媒質レンズである。また、第2群Gr2は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面である第3レンズG3から構成されている。図2において、 $m1$ 乃至 $m3$ は、広角端から望遠端のズームングの際の、各レンズ群及び絞りの移動を模式的に表している。

【0017】図3の第3実施形態において、第1群Gr1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第1レンズG1と、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状の第2レンズG2と、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状の第3レンズG3から構成されている。第1乃至第3レンズは、いずれも、均質媒質レンズである。また、第2群Gr2は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGRINレンズである第4レンズG4から構成される。図3において、 $m1$ 乃至 $m3$ は、広角端から望遠端のズームングの際の、各レンズ群及び絞りの移動を模式的に表している。

【0018】図4の第4実施形態において、第1群Gr1は、物体側に凸面を向けた負メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGRINレンズである第1レンズG11枚から構成される。また、第2群Gr2は、物体側に凸面を向けた正メニスカス形状で物体側及び像側とも非球面形状のGRINレンズである第2レンズG2から構成されている。また、第3群Gr3は、物体側に強い曲率の凸面を持つ両凸レンズで物体側及び像側とも非球面形状の第3レンズG31枚から構成されている。第3レンズG3は、均質媒質レンズである。図4において、 $m1$ 乃至 $m4$ は、広角端から望遠端のズームングの際の、各レンズ群及び絞りの移動を模式的に表している。

【0019】第1乃至第4実施形態のズームレンズに設けられたGRINレンズは、いずれも、以下の式によって規定される屈折率分布を有する。

レンズが、レンズの屈折率が光軸と垂直な方向に変化するタイプのGRINレンズ(ラジアルGRINレンズ)であることを示す。なお、以下の説明において、GRINレンズの語は、ラジアルGRINレンズを表すものとする。

【0020】従来より、球面あるいは平板のGRINレンズを用いて単焦点レンズを構成する場合、3次の収差補正に対する設計上の自由度が足らず、GRINレンズ1枚で光学系を構成することは不可能とされている(“Design of a gradient-index photographic objective”, Appl. Opt., Vol. 21, 1982, 993-998 に記載が認められる)。ズームレンズについても同様のことが言え、ズームレンズを構成するレンズ群をそれぞれGRINレンズ1枚で構成しようとした場合、3次収差の補正に対する設計上の自由度が足りないことから、収差補正が不可能となり各群を1枚で構成することは不可能であった。

【0021】一方、ズームレンズを構成するレンズ群を非球面形状または球面形状の均質媒質レンズのみで構成する場合には、非球面形状を適宜変更しても色収差を補正したり、ベッツバール和を補正したりすることができないので、レンズ群を1枚で構成することは不可能である。したがって、これらの補正を行うために、結局各群少なくとも2枚のレンズ(正レンズ1枚と負レンズ1枚)が必要である。

【0022】これに対して、各実施形態のズームレンズは、レンズ群にGRINレンズを用いるとともに、このGRINレンズの少なくとも1面を非球面としている。この構成によって、各収差補正のための設計上の自由度が増加し、ズームレンズを構成するレンズの枚数を削減することができる。また、上記構成によって、ズームレンズの各群を1枚で構成しながら大口径比で高倍率なズームレンズを達成することが可能となる。さらに、各群のレンズの厚さを小さくできることから、光学系のコンパクト化も達成される。

【0023】次に、各実施形態のズームレンズが満足すべき条件について、順に説明する。各実施形態のズームレンズに用いられるGRINレンズは、以下の条件式(2)を満たすことが望ましい。

$$-5.0 < \text{sgn}(\phi G) \cdot N1 / \phi G^2 < 10.0 \quad (2)$$

ただし、

$\text{sgn}(\phi G)$: GRINレンズを含むレンズ群の屈折力が負のとき+1、GRINレンズを含むレンズ群の屈折力が正のとき-1、の値となるパラメータ、

$N1$: GRINレンズの2次の屈折率分布係数、

ϕG : GRINレンズの屈折力、である。条件式(2)は、GRINレンズの屈折率分布に関するもので、主にGRINレンズを用いたレンズ群のベッツバール和補正を行うための条件である。この範囲を越えた場合には、GRINレンズによるベッツバール和補正が困難となると共に、屈折率分布も大きくなるので、製造が困難となり望ましくない。

【0024】従来、各実施形態のズームレンズのように、物体側から順に、負の屈折力を有する第1群、正の屈折力を有する第2群とを含む複数のレンズ群からなり、少なくとも第1群と第2群の空気間隔を変化させる

ことで変倍を行うズームレンズにおいては、光学系のコンパクト化を図ろうとすると、第2群の正の屈折力を非常に強くしなければならなかった。そのため、第2群を球面レンズのみで構成した場合、収差補正、特に球面収差の補正が困難となり、第2群の構成枚数が多くなってしまふ。

【0025】また、第2群を均質レンズのみで構成した場合、非球面を用いて収差補正を行うとしても、非球面には色収差やベッツバール和の補正力がないことから、第2群中には、最低でも正レンズと負レンズの2枚のレンズが必要であった。したがって、第2群には全体として最低でも2枚のレンズが必要となっていた。以上のような事情から、均質媒質だけでは、第2群を1枚で構成することは非常に困難であった。

【0026】これに対して、第2群にGRINレンズを用いることにより、第2群のレンズの枚数の削減が期待される。しかしながら、第2群の屈折力が非常に強いことから、球面または平板のGRINレンズでは十分な性能確保や枚数削減が非常に困難である。そこで、第1乃至第4実施形態のズームレンズでは、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1群と、正の屈折力を持つ第2群と、を含む複数のレンズ群から構成され、少なくとも第1群と前記第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、第2群に(1)式で表されるようなGRINレンズを用いると共に、前記GRINレンズの少なくとも1つの面に非球面を用いている。これによって、第2群の構成枚数を1枚構成とすることが可能となった。

【0027】第2群に用いるGRINレンズは、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$-10.0 < N1d2 / \phi 2^2 < 5.0 \quad (3)$$

ただし、

$N1d2$: 第2群中のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数、

$\phi 2$: 第2群の屈折力、である。条件式(3)は、第2群中に用いるGRINレンズの屈折率分布に関するもので、主に群内でのベッツバール和補正を行うための条件である。条件式(3)の上限を越えた場合には、群のベッツバール和が正に大きくなってしまい、望ましくない。また、条件式(3)の下限を越えた場合には、GRINレンズによるベッツバール和補正が過多となると共に、屈折率分布も大きくなるので、製造が困難となり望ましくなくなる。

【0028】第1群にGRINレンズを用いた場合には、そのGRINレンズは、以下の条件式(4)、(5)、(7)を満たすことが望ましい。

【0029】 $0 < H < 0.5H_{\max}$ の領域において、

$$d/dH \{ \nu d(H) \} < 0.0 \quad (4)$$

$0 < H < H_{\max}$ において、

$$0.0 < \{ \nu d(H) - \nu d(0) \} / \nu d(0) \leq 2.0 \quad (5)$$

ただし、

H: 光軸と垂直な方向の高さ、

Hmax: 光軸と垂直な方向の高さの最大値(有効径)、

$$\nu d(H) = \{ Nd(H) - 1 \} / \{ NF(H) - NC(H) \} \quad (6)$$

ただし、

Nd(H): 高さHでのd線屈折率、

NF(H): 高さHでのF線屈折率、

NC(H): 高さHでのC線屈折率、である。

$$-0.3 < (N1\lambda 1 - N1d) / \phi 1G^2 < 0.2 \quad (7)$$

ただし、

N1d1: 第1群のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数

N1λ1: 第1群のGRINレンズのC線及びF線に対する2次の屈折率分布係数

φ1G: 第1群中のGRINレンズの屈折力である。第1群にGRINレンズを用いる場合、GRINレンズは主に色収差を補正する働きをする。条件式(4)、(5)、(7)は、第1群にGRINレンズを用いた場合にそのGRINレンズが満たすべき分散と屈折率分布係数の条件であり、これら条件式の範囲を越えた場合、第1群内で発生する色収差のために光学系全体での色補正が非常に困難となる。

【0030】また第1群にGRINレンズを用いる場合、その屈折率分布係数は、以下の条件(8)及び(9)を満たすことが望ましい。

$$【0031】 -2.0 < N1d1 / \phi 1G^2 < 5.0 \quad (8)$$

$$| N2d1 / \phi 1G^4 | < 100 \quad (9)$$

ただし、

N1d1: 第1群中のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数

N2d1: 第1群中のGRINレンズのd線に対する4次の屈折率分布係数

φ1G: 第1群中のGRINレンズの屈折力である。

【0032】条件式(8)及び(9)は、第1群にGRINレンズを用いた場合にそのGRINレンズが満たすべき屈折率分布係数の条件である。これら条件式の範囲を越えた場合、屈折率分布が大きくなりすぎて特に望遠端の球面収差と軸外のコマ収差が大きくなってしまいと共に、高次の収差も発生するので、望ましくない。

【0033】第1群にGRINレンズを用いる場合、GRINレンズは、以下の条件式(10)を満たすことが望ましい。

$$【0034】$$

$$-0.2 < \phi 1GM / \phi 1GS < 0.5 \quad (10) \quad ※$$

$$-5.0 < (R12 + R11) / (R12 - R11) < 0.0 \quad (11)$$

ただし、

R11: 第1群物体側面の曲率半径

R12: 第1群像側面の曲率半径である。

【0038】条件式(11)は、第1群にGRINレンズを

※ d/dH: 微分記号、

νd(H): GRINレンズ内で光軸から垂直な方向に高さHだけ離れた点での分散値、で以下の式で表される。

※ただし、

φ1GS: 第1群中のGRINレンズの面の屈折力

φ1GM: 第1群中のGRINレンズの媒質の屈折力である。ここでφ1GS、及びφ1GMは、第1群中に用いるGRINレンズの屈折力をφ1Gとすると、以下の式で表される。

$$\phi 1G = \phi 1GS + \phi 1GM$$

φ1GSはレンズを均質レンズとした場合の屈折力(屈折率はレンズの光軸上の屈折率である。で、φ1GMはレンズが屈折率分布を持つことによる媒質の持つ屈折力で、以下の式で表される。

$$\phi 1GM = -2N1d1 \cdot T1G$$

ただし、

T1G: 第1群中のGRINレンズの心厚

N1d1: 第1群中のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数である。

【0035】条件式(10)は、第1群にGRINレンズを用いた場合に、そのGRINレンズが満たすべき条件である。条件式(10)の上限を越えると、屈折率分布が大きくなりすぎて、製造が困難となると共に、高次の収差が発生するので望ましくない。また、条件式(10)の下限を越えると、屈折率分布の持つ負の屈折力が大きくなりすぎて、面の屈折力が正に大きくなり、ベッツバル補正が困難となると共に、各収差の補正、特に高次の収差の補正が困難となるので望ましくない。

【0036】第1群をGRINレンズ1枚で構成する場合、像側に強い凹面を持つ負レンズか、物体側に凸の負メニスカス形状となることが望ましい。それによって、第1群で発生する球面収差とコマ収差を小さくすることができるので、特に望遠端での球面収差とコマ収差補正を行う上で、望ましい形状である。また、この形状にすると、第1群の後側主点位置がレンズの後ろ側になるので、光学系のズーム比を高倍率にした場合でも、望遠端で1群と2群の空気間隔を十分に確保することができるので、ここに絞りやフレアカッターを配置することが可能となるので望ましい。

【0037】第1群にGRINレンズを用いる場合、そのGRINレンズは、以下の条件を満たすことが望ましい。

用いた場合のレンズ形状に関するものである。条件式(11)の上限を越えた場合、特に望遠端の球面収差がアンダー側に倒れてしまい望ましくない。条件式(11)の下限を越えた場合には特に望遠端の球面収差がオーバー側に倒

れるので望ましくない。またこれらの範囲を越えた場合、コマ収差の補正も困難となるので望ましくない。

【0039】第1群のレンズに非球面を用いる場合、その非球面は以下の条件を満たすことが望ましい。

$0 < H < H_{\max}$ において、

$$-6.0 < (\phi_a - \phi_{0a}) / \phi_1 < 5.0 \quad (12)$$

ただし、

ϕ_a : 非球面の局所的な屈折力

ϕ_{0a} : 非球面の基準曲率による屈折力

ϕ_1 : 第1群の屈折力であり、 ϕ_a および ϕ_{0a} は以下の式で表わされる。

$$\phi_a = C_{a0} (N(H)' - N(H))$$

$$\phi_{0a} = C_0 (N_0' - N_0)$$

ここで、

C_{a0} : 非球面の各高さでの局所的な曲率

C_0 : 非球面の基準曲率

$N(H)'$: 非球面物体側媒質の各高さでの屈折率

$N(H)$: 非球面像側媒質の各高さでの屈折率

N_0' : 非球面物体側媒質の光軸上での屈折率 *

$$-1.0 < \{ \nu d(H) - \nu d(0) \} / \nu d(0) \leq 0.0 \quad (14)$$

ただし、

$\nu d(H)$: GRINレンズ内で光軸から垂直な方向に高さHだけ離れた点での分散値で、その定義は条件式(6)と同様である。である。

$$-0.1 < (N_{1d2} - N_{1d2}) / \phi_{2G}^2 < 0.1 \quad (15)$$

但しここで、

N_{1d2} : 第2群中のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数、

$N_{1\lambda 2}$: 第2群中のGRINレンズのC線及びF線に対する2次の屈折率分布係数、

ϕ_{2G} : 第2群中のGRINレンズの屈折力、である。

$$|N_{2d2} / \phi_{2G}^4| < 100 \quad (16)$$

ただし、

N_{2d2} : 第2群中のGRINレンズのd線に対する4次の屈折率分布係数、

ϕ_{2G} : 第2群中のGRINレンズの屈折力、である。

第2群にGRINレンズを用いる場合、GRINレンズは諸収差(特にベッツバール和)を補正すると共に、色収差を補正する作用を行っている。これらの条件式は、第2群にGRINレンズを用いた場合にそのGRINレンズが満たすべき分散と屈折率分布係数の条件である。条件式(13)、(14)、(15)の範囲を越えた場合、第2群内で発生する色収差のために光学系全体での色補正が非常に困難となる。また、(16)式の範囲を越えた場合、屈折率分布が大きくなりすぎて製造が困難となると共に、高次の収差が発生してしまい、収差補正も困難となり望ましくない。

【0042】第2群にGRINレンズを用いる場合、GRINレンズは、以下の条件を満たすことが望ましい。*

$$0.0 < (R_{22} + R_{21}) / (R_{22} - R_{21}) < 10.0 \quad (18)$$

* N_0 : 非球面像側媒質の光軸上での屈折率である。条件式(12)は、第1群中に非球面を用いた場合に、それが満たすべき条件である。条件式(12)の上限を越えると群内の球面系で発生している負の諸収差を非球面でさらに悪くすることになり望ましくない。また、条件式(12)の下限を越えると、非球面による補正が過多となり、例えば複数の非球面を用いた場合でもその補正過多を他の非球面によって打ち消すのが困難となり望ましくない。

【0040】第1群中のレンズに非球面を用いる場合、それを両面非球面にすれば、非球面が増えたことによる自由度の増加により、さらなる収差補正の効果ができ非常に望ましい。

【0041】第2群にGRINレンズを用いる場合には、そのGRINレンズは、以下の条件を満たすことが望ましい。

$0 < H < 0.5H_{\max}$ の領域において、

$$d/dH \{ \nu d(H) \} < 0.0 \quad (13)$$

$0 < H < H_{\max}$ において、

※【0043】

$$-0.5 < \phi_{2GM} / \phi_{2GS} < 1.0 \quad (17)$$

ϕ_{2GS} : 第2群中のGRINレンズの面の屈折力、

ϕ_{2GM} : 第2群中のGRINレンズの媒質の屈折力、

ここで ϕ_{2GS} 、及び ϕ_{2GM} は、第2群中に用いるGRINレンズの屈折力を ϕ_{2G} とすると、以下の式で表される。

$$\phi_{2G} = \phi_{2GS} + \phi_{2GM}$$

ϕ_{2GS} はレンズを均質レンズとした場合の屈折力(屈折率はレンズの光軸上の屈折率である。)である。また、 ϕ_{2GM} はレンズが屈折率分布を持つことによる媒質の持つ屈折力で、以下の式で表される。

$$\phi_{2GM} = -2N_{1d2} \cdot T_{2G}$$

ただし、

T_{2G} : 第2群中のGRINレンズの心厚、

N_{1d2} : 第2群中のGRINレンズのd線に対する2次の屈折率分布係数、である。条件式(16)は、第2群にGRINレンズを用いた場合に、そのGRINレンズが満たすべき条件である。条件式(16)の上限を越えると、屈折率分布が大きくなりすぎて、製造が困難となると共に、高次の収差が発生するので望ましくない。また、条件式(16)の下限を越えると、屈折率分布が小さくなりすぎてベッツバール補正が困難となると共に、屈折率分布による収差補正の効果も小さくなり、各収差の補正が困難となるので望ましくない。

【0044】第2群にGRINレンズを用いる場合、GRINレンズは、以下の条件を満たすことが望ましい。

【0045】

ただし、

R21 : 第2群物体側面の曲率半径、

R22 : 第2群像側面の曲率半径、である。

【0046】条件式(18)は、第2群にGRINレンズを用いた場合のGRINレンズのレンズ形状に関するものである。条件式(18)の上限を越えた場合には特に球面収差がアンダー側に倒れてしまい望ましくない。また、条件式(18)の下限を越えた場合には球面収差がオーバー側に倒れるので望ましくない。さらにこれらの範囲外では、コマ収差も大きくなるので望ましくない。

【0047】第2群をGRINレンズ1枚で構成する場合、GRINレンズは物体側に強い凸面を持つ正レンズか、物体側に凸の正メニスカス形状となることが望ましい。それによって、特に球面収差を補正することができる。

【0048】また第2群中のレンズに、少なくとも1面、非球面を用いることによって、収差補正に対する自由度が高くなり、広画角なズームでありながら、群の構成枚数を最低1枚という少ない枚数で構成することができる。

【0049】第2群のレンズに非球面を用いる場合、その非球面は以下の条件を満たすことが望ましい。 $0 < H < H_{\max}$ において、

$$-6.0 < (\phi_a - \phi_{0a}) / \phi_2 < 5.0 \quad (19)$$

但しここで、

ϕ_a : 非球面の局所的な屈折力、

ϕ_{0a} : 非球面の基準曲率による屈折力、

ϕ_2 : 第2群の屈折力、

であり、 ϕ_a および ϕ_{0a} は以下の式で表わされる。

$$\phi_a = \text{Calo} (N(H)' - N(H))$$

$$\phi_{0a} = C_0 (N_0' - N_0)$$

ただし、

Calo : 非球面の各高さでの局所的な曲率、

C_0 : 非球面の基準曲率、

$N(H)'$: 非球面物体側媒質の各高さでの屈折率、

$N(H)$: 非球面像側媒質の各高さでの屈折率、

N_0' : 非球面物体側媒質の光軸上での屈折率、

N_0 : 非球面像側媒質の光軸上での屈折率、である。条件式(19)は、第2群中に非球面を用いた場合に、それが満たすべき条件である。条件式(19)の上限を越えると群内の球面系で発生している正の諸収差を非球面でさらに悪くすることになり望ましくない。また、条件式(19)の下限を越えると、非球面による補正が過多となり、例えば複数の非球面を用いた場合でもその補正過多を他の非球面によって打ち消すのが困難となり望ましくない。

【0050】第2群中のレンズに非球面を用いる場合、それを両面非球面にすれば、非球面が増えたことによる自由度の増加により、さらなる収差補正の効果ができ非常に望ましい。

【0051】物体側から順に、負の屈折力を持つ第1

群、正の屈折力を持つ第2群を含む複数のレンズ群からなり、少なくとも第1群と第2群の空気間隔を変化させることで変倍を行うズームレンズにおいて、以下の条件を満たすことが望ましい。

$$0.3 < |\phi_1 / \phi_2| < 1.0 \quad (20)$$

ただし、

ϕ_1 : 第1群の屈折力、

ϕ_2 : 第2群の屈折力、である。条件式(20)は、ズーム解が満たすべき条件で、広画角なズームにおいて、コンパクトにしながら収差補正をバランス良く行うための条件である。条件式(20)の上限を越えると、第1群の屈折力が第2群の屈折力に対して強くなり、第1群で発生した収差を第2群で補正するのが困難となるので、望ましくない。また、条件式(20)の下限を越えた場合には、第1群の屈折力が弱くなりすぎて、光学系の全長が増大してしまうか、第2群の屈折力が強くなりすぎて、収差補正が困難となるので、望ましくない。

【0052】

【実施例】以下、本発明に係るズームレンズの、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体例を示す。以下に挙げる実施例1~4は、前述した実施形態にそれぞれ対応しており、実施形態を表すレンズ配置図は、対応する実施例1~4のレンズ構成を、それぞれ示している。各実施例において、 r_i ($i=1,2,3,\dots$) は、物体側から数えてi番目の面 S_i の曲率半径、 d_i ($i=1,2,3,\dots$) は、物体側から数えてi番目の軸上面間隔を示し、 N_{di} ($i=1,2,3,\dots$)、 ν_i ($i=1,2,3,\dots$) は、物体側から数えてi番目のレンズのd線に対する屈折率、アッベ数を示す。ただし、各実施例中、Ndの場所にGRINi($i=1,2,3$)の文字が記載されている媒質を有するレンズは、屈折分布型レンズであることを表し、ガラスデータ N_i ($i=0,2,4,\dots$)によって、式(1)に基づいて屈折率分布が定義される。また、各実施例中、曲率半径に*印を付した面は非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表す以下の式で定義するものとする。

【0053】

【数1】

$$Y = \frac{C \cdot X^2}{1 + (1 - \varepsilon \cdot X^2 \cdot C^2)^{1/2}} + \sum_i A_i |X|^i$$

【0054】ここで、

X : 光軸と垂直な方向の高さ、

Y : 光軸方向の基準面からの変位置、

C : 近軸曲率、

ε : 2次曲面パラメータ、

A_i : i次の非球面係数、である。

【0055】なお、実施例中の非球面データ及びガラスデータに付された文字Eは、該当する数値の指数部分を表し、例えば、1.0E2であれば、 1.0×10^2 を示すものとする。また、全系の焦点距離f、画角 2ω 、Fナンバー

Fno、各レンズ群の空気間隔(軸上面間隔)は、左から順に、広角端(W)、中間焦点距離(M)、望遠端(T)でのそれぞれの値に対応している。

*【0057】

【表2】

【0056】

【表1】

実施例1

FL 36.000mm~49.991mm~68.123mm
2 ω 63.4°~47.0°~34.8°
Fno 4.10~5.10~5.80

i	ri	di	Ndi	ν_i	10
1*	4037.631	2.50	GRIN 1		
2*	58.415	60.354~33.945~15.860			
3*	14.413	12.53	GRIN 2		
4*	23.023	3.000~11.045~19.000			
5	0.000				

*

実施例1の非球面データ

r1	ϵ	1.00000000	A4	0.22634139E-05	A6	0.37579363E-08
	A8	0.15751882E-11	A10	-0.11685814E-13	A12	0.24917647E-16
r2	ϵ	1.00000000	A4	0.11036103E-05	A6	0.28156342E-07
	A8	-0.38415734E-10	A10	-0.15216762E-13	A12	0.12647225E-15
r3	ϵ	1.00000000	A4	-0.19553410E-04	A6	-0.10603902E-06
	A8	0.15130429E-08	A10	0.41388087E-11	A12	-0.27649338E-13
r4	ϵ	1.00000000	A4	0.13869451E-03	A6	0.11450484E-05
	A8	0.17213533E-08	A10	-0.12948900E-09	A12	0.15656087E-11

実施例1のガラスデータ

GRIN 1						
d線	N0	1.65446	N1	0.18547494E-03	N2	-0.57615573E-06
	N3	0.15723864E-09	N4	0.90975547E-12		
c線	N0	1.64881	N1	0.19486233E-03	N2	-0.58630706E-06
	N3	0.16477082E-09	N4	0.90997387E-12		
f線	N0	1.66814	N1	0.15675022E-03	N2	-0.49493341E-06
	N3	-0.68683695E-10	N4	0.11831078E-11		
GRIN 2						
d線	N0	1.63854	N1	0.59370375E-04	N2	-0.25636093E-05
	N3	-0.35767477E-07	N4	0.43083265E-09		
c線	N0	1.63507	N1	0.54021718E-04	N2	-0.26396527E-05
	N3	-0.33838161E-07	N4	0.41322478E-09		
f線	N0	1.64555	N1	0.74927284E-04	N2	-0.25768003E-05
	N3	-0.36009650E-07	N4	0.44169368E-09		

【0058】

【表3】

実施例 2

*【0059】
【表4】

FL 36.000mm~50.000mm~68.200mm
2 ω 64.1° ~47.0° ~34.9°
Fno 4.10~5.10~5.80

i	ri	di	Ndi	ν i
1	136.008	1.50	1.74400	44.93
2	19.911	5.15		
3	31.795	5.50	1.71736	29.42
4*	86.076	42.658~22.394~8.489		
5*	16.201	14.00	GRIN 1	10
6*	35.288	3.000~11.045~22.500		
7	0.000			

*

実施例 2 の非球面データ

r4	ϵ	1.00000000	A4	-0.79212103E-05	A6	0.29111842E-07
	A8	-0.52063633E-09	A10	0.42825696E-11	A12	-0.22550327E-13
	A14	0.63015766E-16	A16	-0.71706759E-19		
r5	ϵ	1.00000000	A4	-0.22144183E-04	A6	-0.22122743E-06
	A8	0.16723337E-08	A10	0.16617084E-10	A12	-0.10125386E-12
r6	ϵ	1.00000000	A4	0.13270385E-03	A6	0.35003003E-06
	A8	0.48925607E-08	A10	-0.64250783E-10	A12	-0.18667289E-13

実施例 2 のガラスデータ

GRIN 1						
d線	N0	1.63854	N1	0.97214773E-04	N2	-0.30358299E-05
	N3	-0.30714188E-07	N4	0.34342883E-09		
c線	N0	1.63507	N1	0.90841969E-04	N2	-0.29332896E-05
	N3	-0.34260219E-07	N4	0.37243574E-09		
f線	N0	1.64655	N1	0.11125049E-03	N2	-0.29230969E-05
	N3	-0.35004636E-07	N4	0.38116150E-09		

【0060】
【表5】

17

実施例3

FL 29.000mm~47.700mm~78.000mm
2ω 75.7°~48.4°~30.6°
Fno 4.10~5.10~5.80

*【0061】
【表6】

i	ri	di	Ndi	νi	
1	32.718	1.20	1.77551	37.90	
2	16.467	10.42			
3	47.393	3.00	1.71300	53.93	10
4	24.890	0.56			
5	29.226	5.00	1.67339	29.25	
6*	83.223	39.233~18.495~2.797			
7*	17.318	18.49	GRIN 1		
8*	48.398	1.002~4.995~9.980			
9	0.000				

*

実施例3の非球面データ

r6	ε	1.00000000	A4	-0.17931811E-04	A6	0.67609958E-07
	A8	-0.11945820E-08	A10	0.64810612E-11	A12	-0.15077086E-13
r7	ε	1.00000000	A4	-0.43588019E-05	A6	0.40358792E-08
	A8	0.10445277E-08	A10	0.45257817E-11	A12	-0.37698794E-13
r8	ε	1.00000000	A4	0.69837373E-04	A6	0.34364995E-06
	A8	-0.61219902E-08	A10	0.64103407E-10	A12	-0.28100780E-12

実施例3のガラスデータ

GRIN 1

d線	N0	1.71736	N1	0.15610612E-03	N2	0.15463205E-06
	N3	-0.29324136E-08	N4	0.22095027E-09		
c線	N0	1.71028	N1	0.14655336E-03	N2	0.11166026E-06
	N3	-0.27000853E-08	N4	0.21667925E-09		
f線	N0	1.73466	N1	0.18104845E-03	N2	0.21402160E-06
	N3	-0.27578690E-08	N4	0.22786648E-09		

【0062】

【表7】

19

実施例 4

FL 35.995mm~49.982mm~68.220mm
2ω 64.2° ~47.2° ~34.8°
Fno 4.10~5.10~5.80

*【0063】
【表8】

i	ri	di	Ndi	νi
1*	63.527	5.00	GRIN 1	
2*	37.291	51.867~28.691~11.800		
3*	13.303	11.65	GRIN 2	10
4*	27.834	4.000~10.546~16.000		
5*	-12.052	3.81	1.74400	44.93
6*	-12.366	7.166~8.930~14.141		
7	0.000			

*

実施例 4 の非球面データ

r1	ε	1.00000000	A4	-0.20093614E-04	A6	0.18539555E-07
	A8	0.14587320E-10	A10	-0.53813924E-13	A12	0.43566914E-16
r2	ε	1.00000000	A4	-0.28366515E-04	A6	0.53734423E-07
	A8	-0.78378549E-10	A10	0.10768977E-12	A12	-0.36218087E-19
r3	ε	1.00000000	A4	-0.16428461E-04	A6	0.35211001E-07
	A8	0.43864965E-08	A10	0.62083049E-11	A12	-0.15675516E-12
r4	ε	1.00000000	A4	0.14001078E-03	A6	0.11415582E-05
	A8	-0.10747127E-07	A10	-0.12891611E-09	A12	0.25750993E-11
r5	ε	1.00000000	A4	-0.28437248E-04	A6	0.15528714E-06
	A8	-0.20834691E-08	A10	0.15018871E-10	A12	-0.15895618E-11
r6	ε	1.00000000	A4	0.14701831E-05	A6	-0.61218425E-07
	A8	0.18314250E-08	A10	-0.79571149E-11	A12	-0.22202161E-12

実施例 4 のガラスデータ

GRIN 1						
d線	N0	1.65446	N1	0.56373555E-03	N2	-.61291590E-06
	N3	0.49165569E-12	N4	-0.79133907E-12		
c線	N0	1.64881	N1	0.56804756E-03	N2	-0.60363481E-06
	N3	-0.35202135E-10	N4	-0.75282501E-12		
f線	N0	1.66814	N1	0.54557457E-03	N2	-0.58617475E-06
	N3	0.16413222E-10	N4	-0.90016071E-12		
GRIN 2						
d線	N0	1.63854	N1	0.43016585E-03	N2	-0.79710512E-06
	N3	-0.17119799E-07	N4	0.11606367E-08		
c線	N0	1.63507	N1	0.41911533E-03	N2	-0.78523464E-06
	N3	-0.18019875E-07	N4	0.11558639E-08		
f線	N0	1.64655	N1	0.45544121E-03	N2	-0.68775905E-06
	N3	-0.17930027E-07	N4	0.11905159E-08		

【0064】図5乃至図8において、(W)は広角端焦点距離、(M)は中間焦点距離状態、(T)は望遠端焦点距離での収差を示し、各収差図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差に対応する。球面収差図において、実線(d)はd線に対する球面収差、実線(g)はg線に対する球面収差、二点鎖線(c)はc線に対する球面収差、破線(SC)は正弦条件を表している。また、非点収差図において、破線(DM)と実線(DS)は、それぞれメリディオナル面とサ

50

ジタル面でのd線に対する非点収差を表している。

【0065】以下の表9乃至表12に、実施例1乃至4 * 【0066】
の各条件式の値を示す。 * 【表9】

実施例1の条件式の表

$\text{sgn}(\phi 1) \cdot N1d1/\phi 1^2$	$\text{sgn}(\phi 2) \cdot N1d2/\phi 2^2$
1.294	-0.098
$N1d1/\phi 1^2$	$N1d2/\phi 2^2$
1.294	0.098
$ N2d1/\phi 1^4 $	$ N2d2/\phi 2^4 $
28.026	7.017
$(N1F1-N1d1)/\phi 1^2$	$(N1C1-N1d1)/\phi 1^2$
-0.200	0.065
$(N1F2-N1d2)/\phi 2^2$	$(N1C2-N1d2)/\phi 2^2$
0.026	-0.009
$(R12+R11)/(R12-R11)$	$(R22+R21)/(R22-R21)$
-1.029	4.348
$\phi 16M/\phi 16S$	$\phi 26M/\phi 26S$
0.084	-0.057
$ \phi 1/\phi 2 $	
0.487	
$(\phi A-\phi A0)/\phi G$	$(\nu d(h)-\nu d(0))/\nu d(0)$
	S1 S2 S3 S4 G1 G2
0.0hmax	0.000 0.000 0.000 0.000 0.0hmax 0.000 0.000
0.1hmax	-0.006 0.004 -0.004 -0.021 0.1hmax 0.009 -0.001
0.2hmax	-0.027 0.021 -0.014 -0.088 0.2hmax 0.038 -0.004
0.3hmax	-0.066 0.066 -0.032 -0.204 0.3hmax 0.084 -0.009
0.4hmax	-0.130 0.158 -0.056 -0.378 0.4hmax 0.147 -0.017
0.5hmax	-0.230 0.313 -0.083 -0.617 0.5hmax 0.225 -0.027
0.6hmax	-0.375 0.531 -0.111 -0.920 0.6hmax 0.321 -0.039
0.7hmax	-0.586 0.801 -0.130 -1.273 0.7hmax 0.436 -0.053
0.8hmax	-0.906 1.126 -0.130 -1.644 0.8hmax 0.575 -0.071
0.9hmax	-1.463 1.580 -0.101 -1.995 0.9hmax 0.733 -0.091
1.0hmax	-2.559 2.343 -0.034 -2.297 1.0hmax 0.861 -0.117

【0067】

※ ※ 【表10】

実施例2の条件式の表

$\text{sgn}(\phi 2) \cdot N1d2/\phi 2^2$	
-0.156	
$N1d2/\phi 2^2$	
0.156	
$ N2d2/\phi 2^4 $	
7.833	
$(N1F2-N1d2)/\phi 2^2$	$(N1C2-N1d2)/\phi 2^2$
0.023	-0.010
$(R22+R21)/(R22-R21)$	
2.698	
$\phi 26M/\phi 26S$	
-0.012	
$ \phi 1/\phi 2 $	
0.617	
$(\phi A-\phi A0)/\phi G$	$(\nu d(h)-\nu d(0))/\nu d(0)$
	S4 S5 S6 G3
0.0hmax	0.000 0.000 0.000 0.0hmax 0.000
0.1hmax	-0.008 0.004 0.020 0.1hmax -0.001
0.2hmax	-0.032 0.018 0.081 0.2hmax -0.004
0.3hmax	-0.069 0.043 0.184 0.3hmax -0.010
0.4hmax	-0.121 0.079 0.333 0.4hmax -0.018
0.5hmax	-0.196 0.125 0.532 0.5hmax -0.028
0.6hmax	-0.303 0.174 0.784 0.6hmax -0.041
0.7hmax	-0.457 0.212 1.082 0.7hmax -0.056
0.8hmax	-0.690 0.216 1.405 0.8hmax -0.074
0.9hmax	-1.044 0.164 1.700 0.9hmax -0.096
1.0hmax	-1.558 0.042 1.880 1.0hmax -0.120

【0068】

【表11】

sgn(φ2)·N1d2/φ2^2					
-0.195					
N1d2/φ2^2					
0.195					
N2d2/φ2^4					
0.242					
(N1F2-N1d2)/φ2^2		(N1C2-N1d2)/φ2^2			
0.031		-0.012			
(R22+R21)/(R22-R21)					
2.114					
φ2GM/φ2GS					
-0.013					
φ1/φ2					
1.395					
(φA-φA0)/φ6		(νd(h)-νd(0))/νd(0)			
	S4	S5	S6		G3
0.0hmax	0.000	0.000	0.000	0.0hmax	0.000
0.1hmax	-0.017	0.001	0.012	0.1hmax	-0.001
0.2hmax	-0.064	0.003	0.049	0.2hmax	-0.004
0.3hmax	-0.140	0.007	0.113	0.3hmax	-0.010
0.4hmax	-0.251	0.007	0.206	0.4hmax	-0.018
0.5hmax	-0.421	-0.001	0.328	0.5hmax	-0.029
0.6hmax	-0.682	-0.031	0.476	0.6hmax	-0.042
0.7hmax	-1.069	-0.096	0.647	0.7hmax	-0.059
0.8hmax	-1.665	-0.208	0.835	0.8hmax	-0.079
0.9hmax	-2.815	-0.357	1.035	0.9hmax	-0.102
1.0hmax	-5.629	-0.495	1.231	1.0hmax	-0.131

【0069】

* * 【表12】

実施例4の条件式の表

$\text{sgn}(\phi 1) \cdot N1d1/\phi 1^2$		$\text{sgn}(\phi 2) \cdot N1d2/\phi 2^2$	
3.657		-0.763	
$N1d1/\phi 1^2$		$N1d2/\phi 2^2$	
3.657		0.763	
$ N2d1/\phi 1^4 $		$ N2d2/\phi 2^4 $	
25.799		2.510	
$(N1F1-N1d1)/\phi 1^2$		$(N1C1-N1d1)/\phi 1^2$	
-0.118		0.028	
$(N1F2-N1d2)/\phi 2^2$		$(N1C2-N1d2)/\phi 2^2$	
0.045		-0.020	
$(R12+R11)/(R12-R11)$		$(R22+R21)/(R22-R21)$	
-3.843		2.831	
$\phi 1GM/\phi 1GS$		$\phi 2GM/\phi 2GS$	
0.832		-0.297	
$ \phi 1/\phi 2 $			
0.523			
$(\phi A-\phi A0)/\phi 6$			

【0070】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、広角域を含み、高性能なズームレンズを少ない構成枚数で提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態のズームレンズ構成図。

【図2】第2実施形態のズームレンズ構成図。

【図3】第3実施形態のズームレンズ構成図。

【図4】第4実施形態のズームレンズ構成図。

【図5】第1実施形態のズームレンズの収差図。

【図6】第2実施形態のズームレンズの収差図。

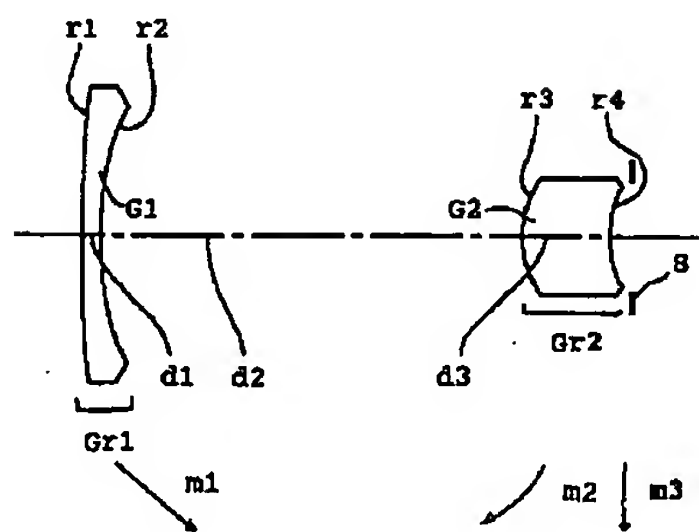
50 【図7】第3実施形態のズームレンズの収差図。

【図8】第4実施形態のズームレンズの収差図。

【符号の説明】

Gr1・・・第1レンズ群

【図1】

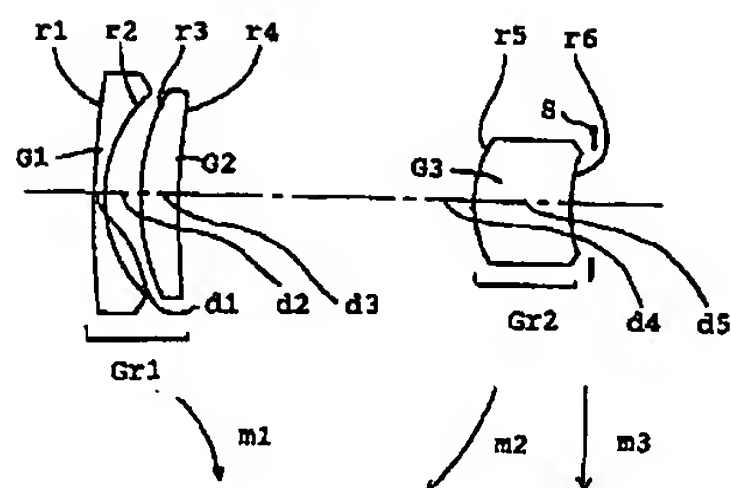


* Gr2・・・第2レンズ群

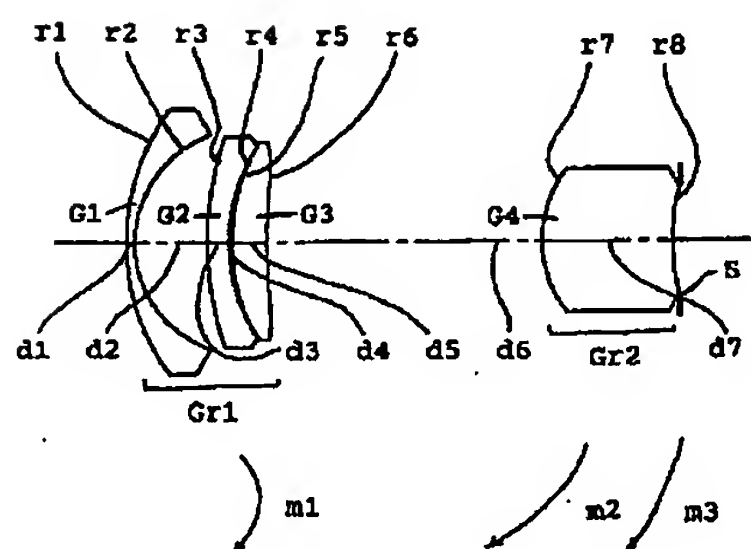
Gr3・・・第3レンズ群

*

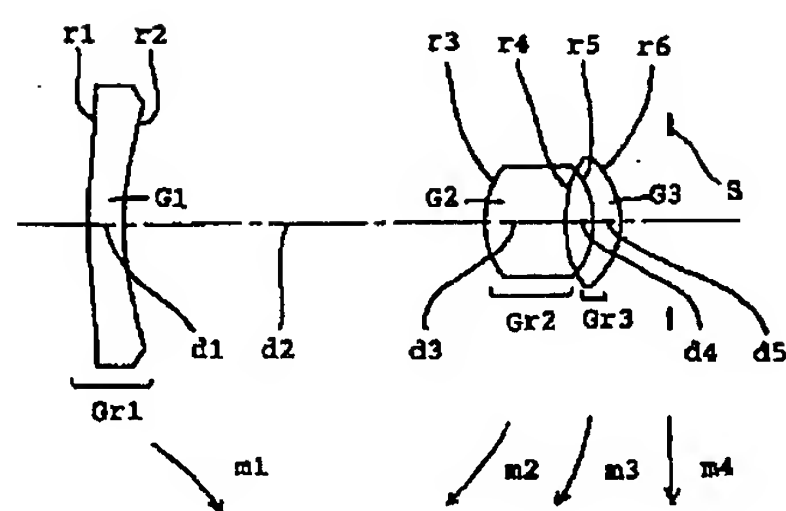
【図2】



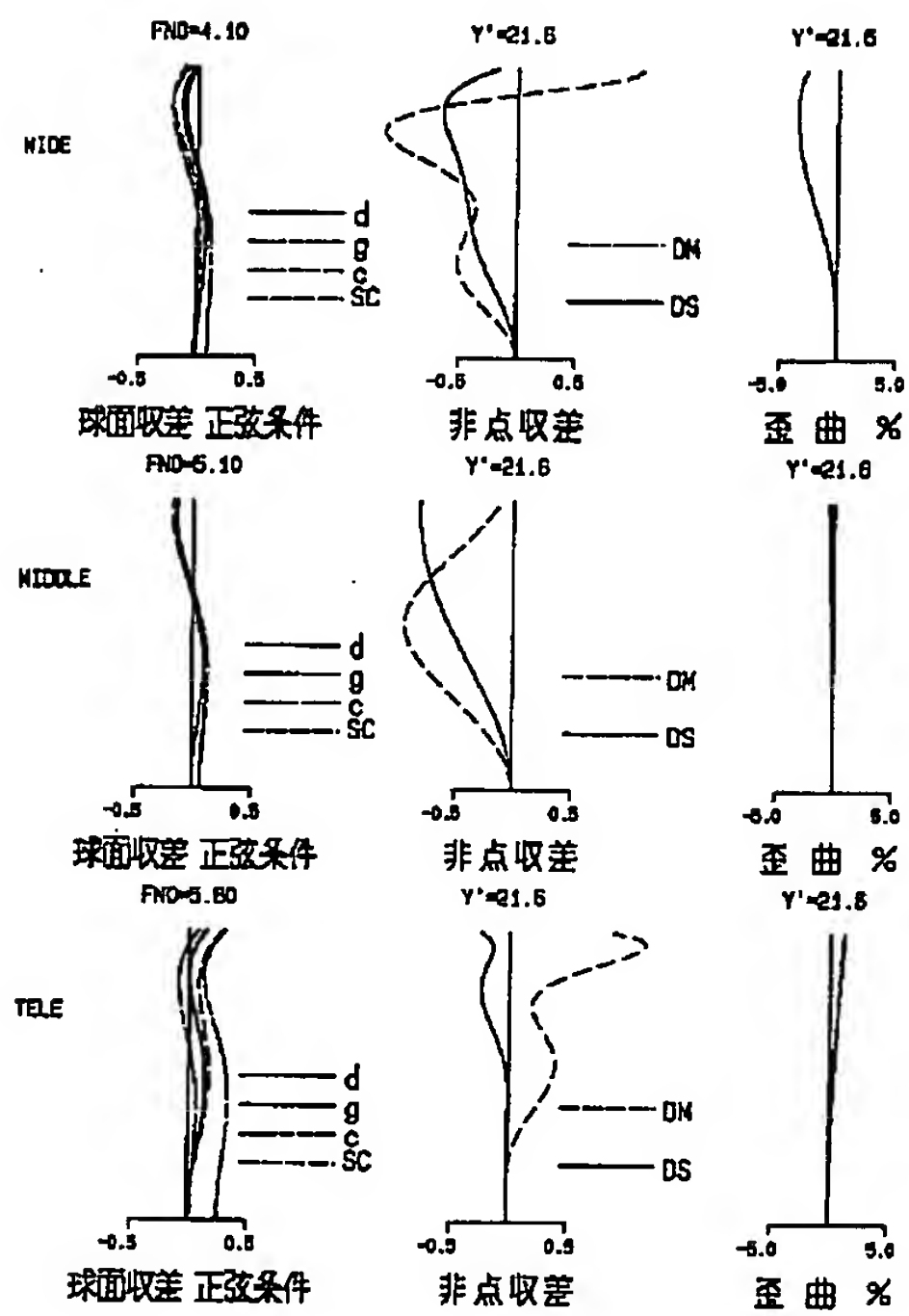
【図3】



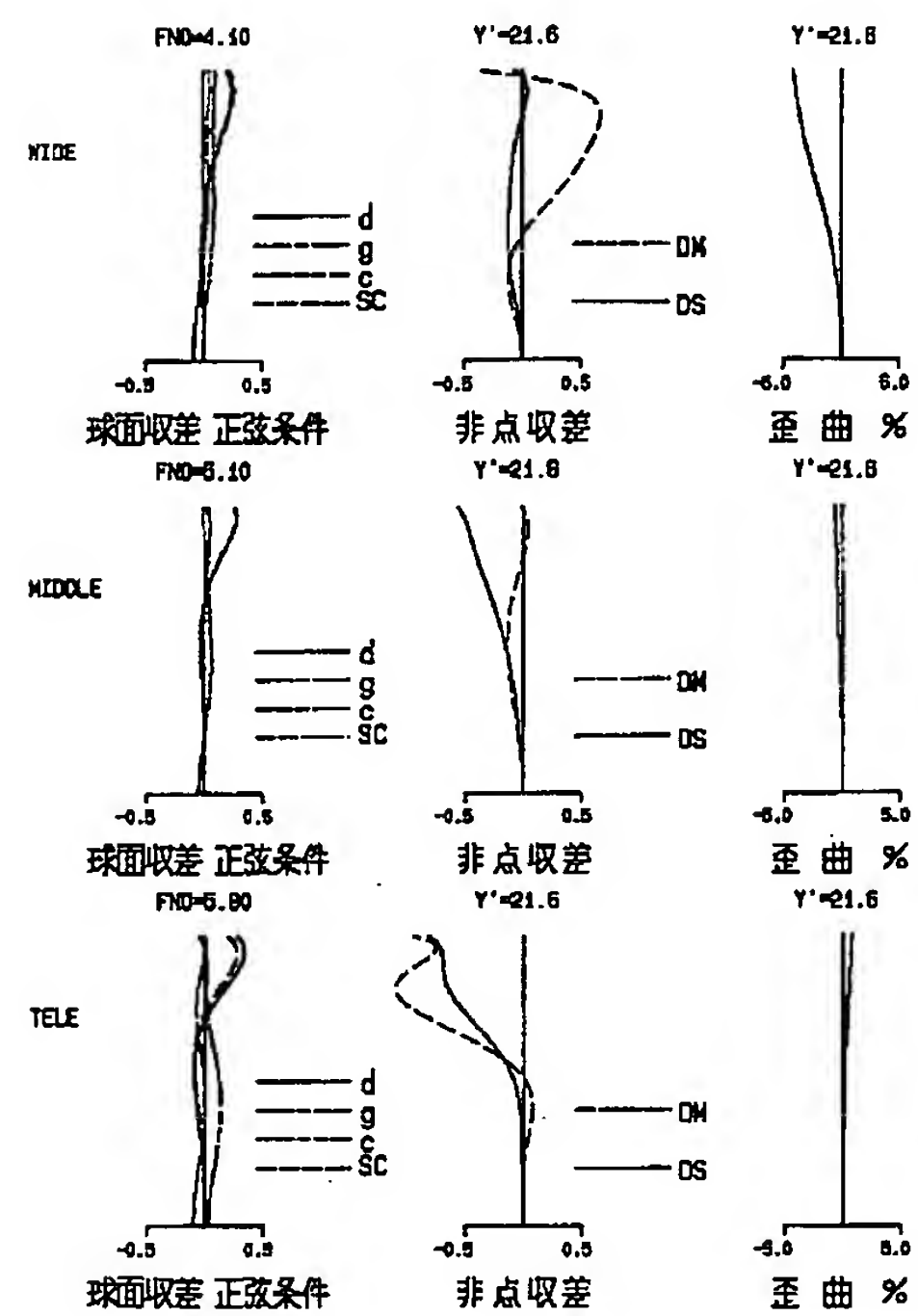
【図4】



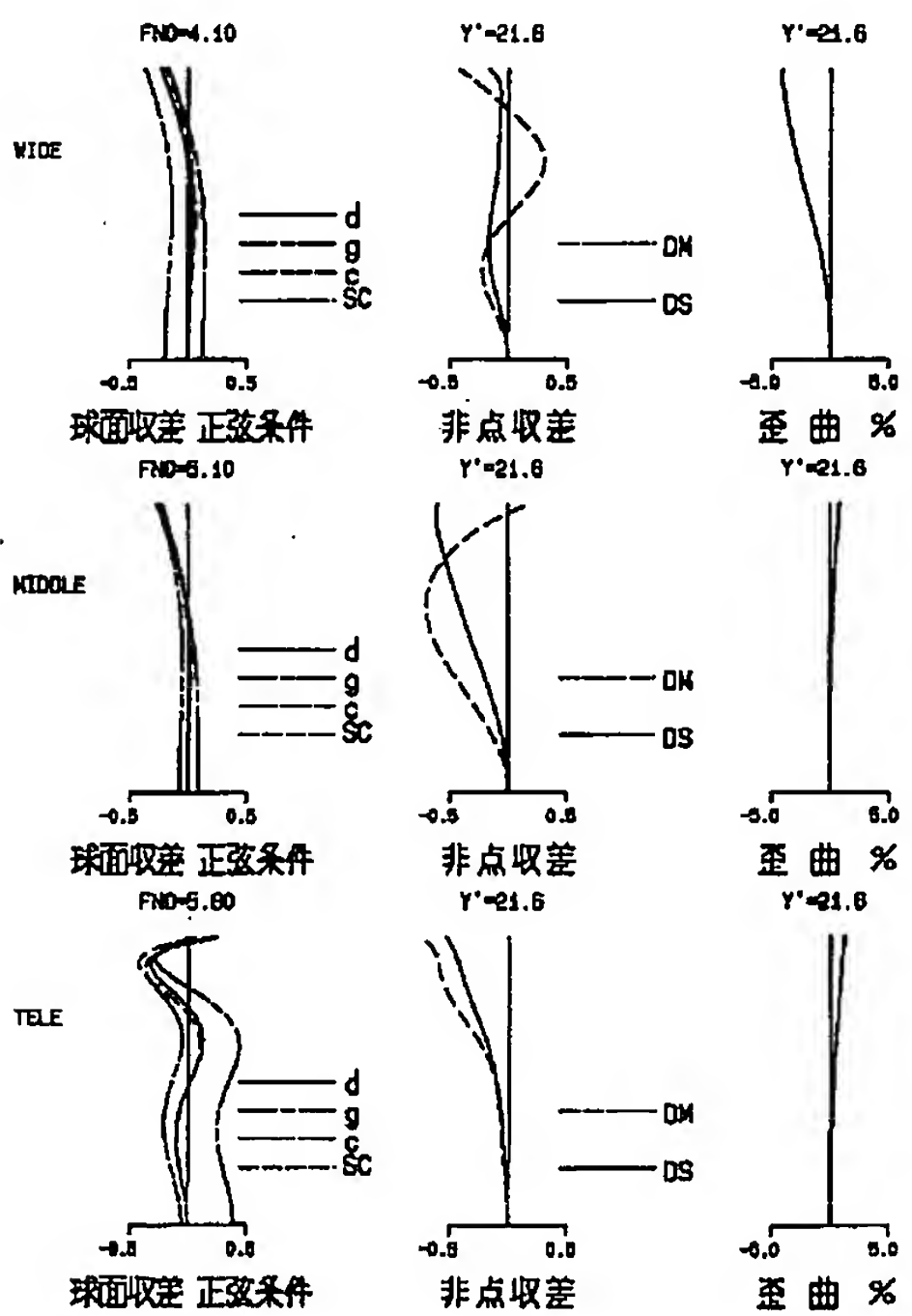
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

